

# **COMPORTAMIENTO DE ROCAS BASÁLTICAS DE LAS PROV. DE CORRIENTES Y ENTRE RÍOS FRENTE A LA REACCIÓN ÁLCALI – SÍLICE**

**Marfil, S.<sup>1,2</sup>; Batic, O.<sup>3,4</sup>; Maiza, P.<sup>1,5</sup>; Grecco, L.<sup>1,5</sup> & Falcone, D.<sup>3,6</sup>**

1. Profesor UNS. San Juan 670. Ba. Bca. Argentina. TE. 54-291-4595101- 3021. smarfil@uns.edu.ar.
2. Inv. Independiente CIC de la Prov. de Bs. As. – INGEOSUR
3. LEMIT - Comisión de Investigaciones Científicas - Calle 52 y 121,(1900), La Plata – Argentina.
4. Investigador Principal CIC-LEMIT- Profesor Universidad Nacional de La Plata.
5. Investigador CONICET – INGEOSUR.
6. Profesional Adjunto CIC-LEMIT- Docente Universidad Nacional de La Plata

## **RESUMEN**

En la Mesopotamia Argentina existen depósitos de rocas basálticas de grandes espesores con características adecuadas para ser utilizadas como agregados triturados, siendo ésta su principal aplicación. Numerosas obras han sido realizadas con estos materiales, como diques, pavimentos y obras de arte. En varias de ellas desarrollaron procesos expansivos vinculados con la reacción álcali – sílice como es el caso de pavimentos de algunas rutas.

Con el propósito de evaluar el comportamiento de estas rocas frente a la RAS, se realizó el relevamiento y muestreo de las principales canteras proveedoras de agregado. Se estudiaron aplicando los métodos normalizados: petrográfico, método acelerado de la barra de mortero y se determinó la sílice disuelta según lo establecido en las normas IRAM.

El estudio petrográfico permitió identificar abundante vidrio volcánico parcialmente alterado y arcillas expansivas del tipo montmorillonita. Esta última fue confirmada por difracción de rayos X. Los valores de expansión medidos a los 16 días superan ampliamente los límites máximos establecidos por la norma IRAM 1674. El contenido de sílice disuelta es coherente con el resultado de los ensayos físicos. Los estudios confirman la reactividad de los basaltos con claras manifestaciones de aumento de volumen y signos inequívocos de geles y fisuras.

Palabras Clave: Basaltos, reacción álcali sílice, métodos de ensayos, Mesopotamia Argentina.

## **INTRODUCCIÓN**

Las rocas basálticas cubren grandes extensiones en diferentes regiones de Argentina, en especial en la mesopotamia y patagonia. Si bien por sus características físico - mecánicas, son rocas aptas para ser usadas como agregados para hormigón pueden contener especies mineralógicas que las tornen potencialmente reactivas frente a los álcalis.

Existen obras de hormigón, (diques, pistas de aeropuertos y pavimentos) en las que se ha utilizado basalto como agregado; en algunos casos se presentaron problemas por el deterioro debido al desarrollo de la reacción álcali - sílice (RAS) mientras que en otros no se manifestaron signos de degradación. Este comportamiento diferencial, llevó a estudiar yacimientos ubicados en diferentes regiones del país, a fin de determinar su aptitud para su uso en hormigón. (Batic et al. 1992, 1994; Maiza et al.1995, 1998; Maiza y Marfil, 1998). La principal causa del comportamiento deletéreo es la presencia de vidrio volcánico, (fresco o

alterado, principalmente a minerales arcillosos) y sílice micro y/o criptocristalina (ópalo, tridimita, cristobalita y cuarzo secundario). Estos agregados aportan sílice y reaccionan con los álcalis dando como resultado el desarrollo de procesos deletéreos. (Shayan et al. 1988).

Un factor a considerar es la heterogeneidad de los frentes de las coladas. Generalizando puede esquematizarse el siguiente modelo: un piso, por lo común de estructura vesicular, de grano muy fino, con asimilación del sustrato, silicificación por precipitación de sílice criptocristalina a partir de aguas circulantes y litológicamente muy vítrea. En la parte central, el tamaño de los cristales es mayor, la textura es ofítica o subofítica, prácticamente no hay vidrio y la roca es holocristalina. En los niveles superiores de la colada las características litológicas son semejantes a las mencionadas para el sector medio, el desarrollo cristalino es levemente menor, pero los procesos exógenos alteran a las rocas y se desarrolla una textura intersertal por argilización de los minerales originales y del vidrio.

El propósito del presente trabajo es evaluar el comportamiento de las rocas basálticas de las provincias de Corrientes y Entre Ríos como agregados para hormigón frente a los álcalis. Las canteras seleccionadas se encuentran ubicadas en las Prov. de Corrientes y Entre Ríos, forman parte de las cuencas sedimentarias de Paraná y Chacoparanense. Las unidades aflorantes son las Formaciones Piramboia y Botucatú, los basaltos de la Serra Geral y sus intercalaciones clásticas. Las coladas basálticas (Jurásico superior-Cretácico inferior) cubren las areniscas Triásico-Jurásico de origen eólico y fluvial con espesores entre 200 y 600 metros (Iriando et al., 2008). El basalto aflora junto al río Uruguay en el E de Misiones, E de Corrientes y NE de Entre Ríos, cubriendo una superficie de aproximadamente 1.000.000 km<sup>2</sup> en Argentina, Brasil Paraguay y Uruguay. Los espesores varían entre 800 y 1000 metros hasta los 1930 metros en Brasil (Fili et al., 1998). Estas coladas expuestas en la provincia de Misiones se extienden en el subsuelo hasta la localidad entrerriana de Gualaguay (Pezzi y Mozetic, 1989). Son basaltos toleíticos con textura dominante de grano fino, raras veces porfírica y tonalidades gris oscura a negras. (Turner et al., 1994).

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

Se estudiaron 3 canteras de basalto 2 en la provincia de Corrientes y una en Entre Ríos denominadas 1, 2 y 3 respectivamente. Las dos primeras se encuentran a pocos kilómetros de la ciudad de Curuzú Cuatiá y la N° 3 en proximidades de la ciudad de Concordia. Los frentes de explotación superan los 40 metros. Tienen entre 1 y 3 niveles, actualmente se encuentra en explotación el inferior. El material es muy homogéneo. Se tomaron muestras de cada uno de los niveles. En la Figura N° 1 a, b y c se muestran los frentes actuales de las canteras estudiadas.

Los estudios petrográficos se realizaron según lo establecido en la norma IRAM 1649, utilizando un estereomicroscopio trinocular Olympus SZ-CTV y microscopio de polarización Olympus, trinocular BH-2. La evaluación de la reactividad de las rocas se realizó confeccionando barras de mortero según lo establecido en la Norma IRAM 1674. Se tritularon las muestras y cuartearon. Con las fracciones procesadas se hicieron morteros con una razón a/c 0.47, en peso, se confeccionaron las barras y se sumergieron en una solución de

NaOH 1N a 80°C hasta los 28 días. La determinación de la sílice disuelta se realizó según lo establecido en la Norma IRAM 1650. Las muestras se trituraron hasta obtener una fracción comprendida entre los tamices IRAM 300  $\mu\text{m}$  y 150  $\mu\text{m}$ , luego se lavaron y secaron a 105°C. Una cantidad normalizada se colocó en una solución de NaOH a 80°C durante 24 hs. Se tomó una alícuota, se llevó a pH ácido y se determinó la sílice disuelta por gravimetría.

## RESULTADOS

### Ensayos físicos y químicos:

En la tabla 1 se muestran los valores de expansión a los 16 y 28 días y la sílice disuelta. Puede observarse que todas las muestras ensayadas presentan valores de expansión a la edad de 16 días que superan ampliamente el límite máximo de 0,200% establecido en la IRAM 1674. Los resultados del método químico son coherentes con los valores de expansión medidos.

**TABLA N° I:** Expansión en las barras de mortero y sílice disuelta.

Cantera N°	Ubicación	Sílice disuelta (mg)	Expansión % a la edad de	
			16 días	28 días
1	L. Curuzú Cuatiá Inferior	43.90	0.374	0.416
1	L. Curuzú Cuatiá Medio	55.70	0.452	0.511
1	L. Curuzú Cuatiá Superior	70.40	0.394	0.548
2	P. Curuzú Cuatiá Inferior	49.20	0.425	0.529
2	P. Curuzú Cuatiá Superior	50.70	0.544	0.600
3	Concordia	49.30	0.503	0.615

### Petrografía

*L. Curuzú Cuatiá Inferior:* La roca está constituida por tablillas de plagioclasa de composición  $\text{An}_{38-40}$ , con bordes cristalinos irregulares, granos de augita y augita titanífera. Son abundantes los minerales opacos, principalmente hematita. Tanto la plagioclasa como los mafitos se presentan débilmente alterados. En los espacios intercristalinos se ubican minerales de alteración que se generan a través de la degradación del vidrio volcánico, constituidos por arcillas montmorilloníticas (saponita), cloritas (turingita), celadonita, sílice criptocristalina y agujas relícticas de apatito (Figura N° 1d). El porcentaje estimado es del 7 al 10 %. La textura de la roca es intersertal. Son frecuentes los xenolitos de textura granular constituidos por oligoclasa–andesina con grandes cristales de piroxenos monoclinicos, pseudomorfos de olivino, con escasa alteración y evidencias de asimilación periférica. También hay núcleos en cuya composición participan feldespatos calcosódicos.

*L. Curuzú Cuatiá Medio:* La roca presenta características similares a la anterior. A veces es posible observar, formas anhedrales de feldespatos de composición oligoclasa cálcica menos alterados. El mafito más característico es augita al que se asocia augita titanífera alterada diferencialmente, comúnmente desferrizada y cloritizada. Estos procesos generan abundantes minerales opacos. Los espacios intercristalinos están ocupados por minerales de alteración generados a partir de la alteración del vidrio. La mineralogía de estos sectores es montmorillonita (nontronita y saponita ferrífera), cloritas (turingita), serpentina y sílice criptocristalina. Es abundante el apatito y los minerales de hierro y titanio. La desferrización

no es homogénea, se intensifican en sectores de fracturas y de mayor porosidad desarrollada a expensas de la argilización de los sectores vítreos. Esto produce la decoloración del basalto y la precipitación de óxidos e hidróxidos de hierro y titanio. Además, en estos sectores, se observó cobre nativo, reducido desde sulfuros de este elemento principalmente calcopirita. La textura predominante es la intersertal, localmente intergranular ya que los granos subredondeados de augita se aglutinan entre las tablillas de plagioclasas.

*L. Curuzú Cuatiá Superior:* La roca está constituida por tablillas de plagioclasa de composición  $An_{36-42}$  (andesina), subhedrales, con leves indicios de alteración. El mafito característico es la augita titanífera, frecuentemente desferrizada, dando lugar a la formación de óxidos e hidróxidos. Estos se presentan agrupados en forma de gránulos, ubicados entre los feldespatos y a veces incluidos en su masa. Entre los fenocristales hay espacios rellenos por vidrio volcánico, generalmente alterado a minerales del grupo de la montmorillonita, clorita, hidróxidos de hierro y titanio y sílice criptocristalina (Figura N° 1e). Dentro de la masa se reconocen xenolitos de una roca de grano grueso, textura granular hipidiomórfica a xenomórfica compuesta de augita y oligoclasa /andesina. La textura es intersertal.

*P. Curuzú Cuatiá Inferior:* La roca está constituida por tablillas de plagioclasa de composición  $An_{35-38}$ , de formas prismáticas irregulares debido a la cristalización de augita. Presentan texturas poikiliticas incluyendo en su masa apatito y piroxenos. Son muy abundantes los óxidos de hierro y titanio y los minerales opacos. A veces éstos se presentan como hidróxidos principalmente goetita. Los feldespatos están débilmente alterados, principalmente argilizados. Los minerales secundarios por lo común se alojan en fracturas, planos de macla y clivaje de los feldespatos. La augita se presenta cloritizada y en sectores, íntimamente asociada con minerales opacos formados a partir de su alteración. Es muy frecuente observar zonas intergranulares ocupadas por material vítreo alterado. Este proceso genera abundantes minerales arcillosos, principalmente montmorillonita, clorita y escasa celadonita. Los minerales secundarios tienen Fe, Mg, Ca y elementos alcalinos en su composición. La textura de la roca es intersertal.

*P. Curuzú Cuatiá Superior:* La roca está constituida por tablillas de plagioclasa de composición  $An_{36-40}$ , (andesina), con bordes irregulares corroídos, ocupados por granos de piroxenos, augita titanífera y/o minerales de alteración. Las tablillas tienen entre 80 y 120  $\mu$ . Se destacan algunos fenocristales de composición similar que pueden llegar a 0,8 mm. Presentan muy leve argilización en fracturas y planos de clivaje. Algunos fenocristales de augita titanífera se presentan inalterados alcanzando tamaño promedio de 80  $\mu$ . Otros presentan cloritización y desferrización. Los interespacios que dejan las tablillas del feldespato están ocupados por vidrio volcánico desvitificado, aunque se reconocen sectores aún isotropos de colores pardos considerados relictos de la palagonita original. La mineralogía de estos sectores es: montmorillonita con cantidades subordinadas de clorita, serpentina, apatito y óxidos de hierro. La textura de la roca es intersertal.

*Concordia:* La roca está constituida por fenocristales tabulares de plagioclasa de composición andesina ( $An_{34-38}$ ), alcanzando dimensiones milimétricas. Las tablillas tienen los bordes irregulares porque en ellos se alojan principalmente augita y minerales opacos. Estos minerales se disponen agrupados en núcleos oscuros, otorgándole a la roca una textura moteada característica. A su vez presentan una tonalidad rojiza debido a procesos de oxidación y desferrización. Se presentan sectores con alteración que se adjudican a vidrio volcánico desvitrificado. La mineralogía es compleja, se reconocen minerales arcillosos, óxidos e hidróxidos de hierro y titanio, cloritas y apatito. La andesina presenta muy débil alteración aunque hay desmezclas que da lugar a la cristalización en sectores periféricos de feldespatos potásicos. Algunos mafitos han sido reemplazados pseudomórficamente por montmorillonita. Son abundantes los minerales opacos (óxidos de hierro y titanio). La textura es intersertal pero localmente puede ser intergranular. En la figura N° 1f se observa una masa de montmorillonita generada a partir de la desvitrificación de la palagonita, contenida entre tablillas de andesina, minerales opacos y augita titanífera. Todas las rocas estudiadas se califican como basaltos toleíticos o doleritas.

## CONCLUSIONES

- El estudio petrográfico-mineralógico muestra que todas las rocas basálticas estudiadas contienen materiales susceptibles de reaccionar frente a los álcalis, como vidrio volcánico, sílice microcristalina y arcillas del grupo de la montmorillonita.
- Los resultados de la aplicación de la norma IRAM 1674 indican valores de expansión muy superiores al límite máximo especificado tanto por la norma IRAM y el CIRSOC (2005), a los 16 días.
- Los valores de sílice disuelta determinados según IRAM 1650 son elevados y coherentes con lo expresado en los puntos 1 y 2.
- Los resultados obtenidos indican que todas las muestras estudiadas deben ser consideradas potencialmente reactivas frente a los álcalis contenidos en el hormigón.

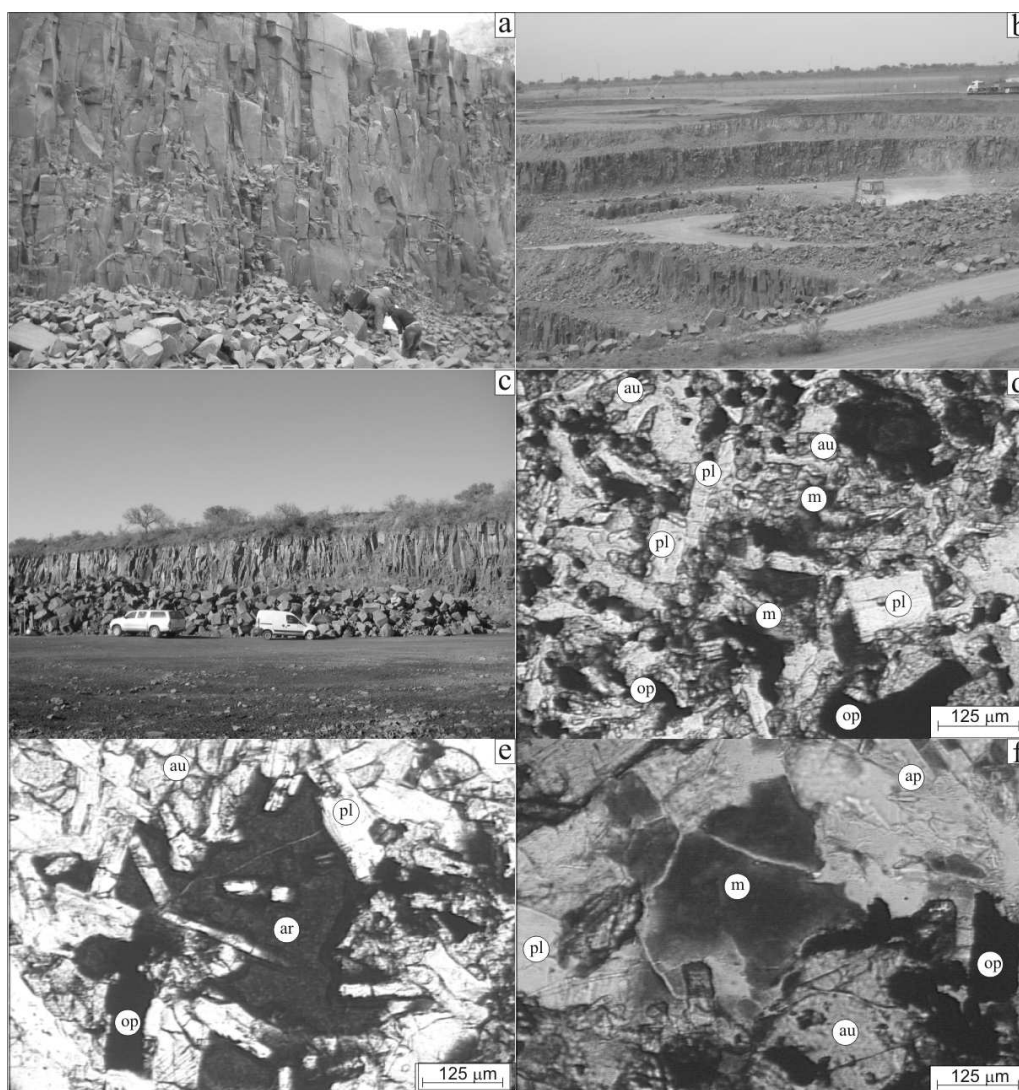
## Agradecimientos

*Los autores agradecen a la Universidad Nacional del Sur, a la Comisión de Investigaciones Científicas de la Prov. de Buenos Aires y al CONICET por el apoyo brindado.*

## REFERENCIAS

- BATIC, O.; SOTA, J.; MAIZA, P. 1992 Alkali aggregate reaction in Concrete: Montmorillonite included in some aggregates: A principal factor of ARS. Ninth International Conference ASR, London, 1: 53-60.
- BATIC O.; MAIZA, P.; SOTA, J. 1994. Alkali silica reaction in basaltic rocks. CCR, USA, 24: 1317-1326.
- IRAM 1637. Reacción álcali-árido, 1968. Método de la barra de mortero para la determinación de la reactividad alcalina. Potencial. Normas IRAM, Argentina.
- FILI, M.; DA ROSA FILHO, E.; AUGÉ, M.; MONTAÑO XAVIER, J.; TUJCHNEIDER, O., 1998. El Acuífero Guaraní. Un recurso compartido por Argentina, Brasil, Paraguay y Uruguay (América del Sur). Instituto Tecnológico Geominero de España. Boletín Geológico y Minero 109 (4):389-394.
- IRAM 1649, 1968. Reactividad alcalina potencial en áridos. Examen petrográfico, Normas IRAM, Argentina.
- IRAM 1650, 1968. Reactividad alcalina potencial en áridos. Método de ensayo químico, IRAM, Argentina.
- IRIONDO M.; KROHLING, D. 2008. Cambios climáticos en la cuenca del río Uruguay. UNLitoral. Eds UNL.
- MAIZA, P.; MARFIL, S.; BATIC, O.; SOTA, J., 1995. Estudio comparativo de rocas basálticas frente a la RAS. XII Reunión de la AATH. La Plata, 127 – 140.

- MAIZA, P.; MARFIL, S., 1998. Comportamiento de rocas basálticas en hormigón, frente a la reacción álcali – sílice. II Congreso Uruguayo de Geología. Actas, Punta del Este, Uruguay, p. 134-137.
- MAIZA, P.; MARFIL, S.; BENGOCHEA, A.; BATIC, O.; SOTA, J., 1998. Aplicación de un modelo estadístico para evaluar la reactividad alcalina potencial en rocas basálticas. V Jornadas Geológicas y Geofísicas Bonaerenses, Mar del Plata, Argentina, 1: 135-143.
- MAIZA, P.; SALOMÓN, R.; MARFIL, S., 2005. Determinación de montmorillonita en rocas basálticas. Congreso FIB 2005. El hormigón estructural y el transcurso del tiempo. La Plata. Argentina. 1: 233-240.
- MARFIL, S.; MAIZA, P., 1996. Características petrográfico-mineralógicas de la alteración de basaltos de la Meseta de Somón Curá, Prov. de Río Negro. III Reunión de Mineralogía y Metalogenia, La Plata, 287-293.
- MARFIL, S.; MAIZA, P.; BENGOCHEA, A.; SOTA, J. BATIC, O., 1998. Relationship between  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$  and expansion in the determination of the alkali reactivity of basaltic rocks. Cement and Concrete Research, USA, 28 (2): 189-196.
- PEZZI, E.; MOZETIC M., 1989. Cuencas sedimentarias de la región chacoparanense. En: Chebli, G. y Spalletti, L. (Eds). Cuencas Sedimentarias Argentinas. UNTucumán, Correlación Geológica Serie 6: 65-78
- SHAYAN, A.; QUICK, G. W. (1988) An alkali – reactive basalt from Queensland, Australia. International Journal of Cement Composites and lightweight Concrete, 10 (4): 209-214.
- TURNER, S.; REGELOUS, M.; KELLEY, S.; HAWKESWORTH, C.; MANTOVANI, M., 1994. magmatism and continental break-up in the South Atlantic: high precision  $^{40}\text{Ar}$ - $^{39}\text{Ar}$  geochronology. Herat and Planetary Science Letters 121:333-348.



**FIGURA N° 1.** a: Nivel inferior cantera 1, en explotación. b: Vista panorámica de la cantera 2. c: Cantera 3. Frente actual de explotación. d: Abundante montmorillonita (m) en los espacios intercristalinos de la andesina (pl), minerales opacos (op) y augita titanífera (au). e: Sector de palagonita totalmente argilizado (ar), tablillas de plagioclasa levemente alteradas (pl), augita (au) y minerales opacos (op). f: Masa de montmorillonita (m) generada a partir de la desvitrificación de la palagonita, contenida entre tablillas de andesina (pl), minerales opacos (op) y augita titanífera (au).